

Сверхпроводящие и мезоскопические структуры

К 70-летию со дня рождения А.Н. Омелянчука



28 июля 2017 года отмечает свой 70-летний юбилей член-корреспондент НАН Украины, профессор Александр Николаевич Омелянчук — известный физик и организатор науки. Его научная деятельность неразрывно связана с Физико-техническим институтом низких температур им. Б.И. Веркина, где он прошел путь от аспиранта до руководителя отдела — на протяжении 16 лет А.Н. Омелянчук возглавлял отдел сверхпроводящих и мезоскопических структур. Александр Николаевич является членом нескольких ученых советов и входит в состав редакционной коллегии журнала ФНТ. Среди учеников А.Н. Омелянчука кандидаты и доктора наук. Он является лауреатом Государственной премии Украины 2006 г. в области науки и техники за цикл научных работ «Эффекты спонтанного нарушения симметрии и фазовые превращения в физике элементарных частиц и физике конденсированного состояния». В 2008 г. А.Н. Омелянчук награжден почетным знаком МОН Украины. Он удостоен премии им. Б.И. Веркина НАН Украины за 2016 г.

В круг интересов Александра Николаевича входит широкий спектр научных проблем: слабая сверхпроводимость, неравновесные явления в сверхпроводниках, возбуждаемые дискретные квантовые системы. Мировой научной обществу хорошо известна теория Кулика–Омелянчука, описывающая токовые состояния в мостиковых контактах с непосредственной проводимостью между сверхпроводящи-

ми берегами. А.Н. Омелянчук с коллегами создали теорию микроконтактной спектроскопии, которая была зарегистрирована как открытие в 1988 г.

В настоящий спецвыпуск ФНТ вошли статьи видных ученых из разных стран, научные интересы которых совпадают с интересами Александра Николаевича.

В своей концептуальной статье А. Загоскин дает представление о современном состоянии исследований структур на основе джозефсоновских кубитов и о перспективах их развития. Критически проанализированы возможности современных прототипов квантовых компьютеров и других квантовых технологий; указаны открытые вопросы теории многих искусственных атомов для описания метаматериалов и квантовых процессоров. Теории измерения состояния систем многих кубитов посвящена также статья авторов из известной фирмы D-Wave Systems, А.Ю. Смирнова и М.Х. Амина, с которыми А.Н. Омелянчук опубликовал ряд работ по теории и экспериментальным исследованиям систем с джозефсоновскими кубитами. В данной работе авторы обсуждают метод туннельной спектроскопии кубитов для реализации квантовой томографии их состояний. Группа Е. Ильичева из Института фотонных технологий (Йена, Германия), с которой А.Н. Омелянчук много лет плодотворно сотрудничает, представила технологический аспект работы с джозефсоновскими контактами. В статье Г. Ольснера с соавторами описаны методы создания контактов малых размеров

— такие контакты важны для реализации кубитов, микроволновых детекторов, СКВИД магнитометров и сверхпроводниковой цифровой электроники. В работе Дж. Кунерта с соавторами из Института фотонных технологий обсуждаются технологические аспекты изготовления низкотемпературных и высокотемпературных джозефсоновских контактов для прикладных целей, разработаны детекторы микроволновых фотонов, обладающие чувствительностью, близкой к квантовому пределу. В работе Н.В. Кленова с студентами, из Москвы и Нижнего Новгорода, изучено использование кубитов в схемах для быстрой одноквантовой логики, а также представлен и развит теоретический аппарат для описания динамического поведения таких гибридных систем, включающих классическую и квантовую подсистемы. В работе учеников и сотрудников А.Н. Омелянчука и их коллег из Новосибирска (А.Н. Султанов и др.) описано прохождение фотонов через структуру из двух кубитов и двух резонаторов. Показано, что даже в отсутствие прямого взаимодействия между кубитами прохождение фотона приводит к эффективному сцеплению состояний в системе.

В работе М.А. Белоголовского и др. содержится обзор возможных реализаций внутренне шунтированных джозефсоновских контактов, необходимых для применения в сверхпроводящих логических схемах, и обсуждаются относящиеся к этой проблеме оригинальные экспериментальные результаты. В работе А.Г. Семенова и А.Д. Заикина представлено развитие теории квантовых флуктуаций для случая туннелирования квантов магнитного потока через сверхпроводящую нанопроволоку — последовательно и методично изложена теория, основанная на методике Келдыша интегралов по траекториям, и представлен ряд оригинальных результатов. В работе Д. Массаротти с соавторами классифицировано поведение джозефсоновских контактов в необычных гибридных соединениях, базируясь на особенностях ВАХ таких систем; предлагается феноменологический подход описания соединений, характеризующихся относительно высокими плотностями критического тока J_c . Обсуждаются физические процессы, происходящие в высокоомных переходах. И.Р. Рахмонов и соавторы представили результаты вычисления характеристик dc-СКВИДов с топологически нетривиальными барьерами. Такая постановка задачи позволяет исследовать ток не только куперовских пар, но и майорановских фермионов, а также соотношение этих двух составляющих. В работе В.К. Корнева и др. обсуждаются сверхпроводящие квантовые массивы, изготовленные по ниобиевой технологии, как средства линеаризации отклика на магнитный сигнал и значительного увеличения динамического диапазона его измерения. Подробно изучены ячейки таких массивов, представляющие собой так называемые би-СКВИДы, — СКВИДы с дополнительным нелинейным индуктивным элементом в виде контакта Джозефсона, шунтирующего основную индуктивность контура квантования.

Работа А. Сидоренко раскрывает атмосферу научного поиска новых квантовых явлений в слоистых гибридных

наноструктурах сверхпроводник/ферромагнетик, обнаружение в них многопериодной возвратной сверхпроводимости, спин-вентильного эффекта и возможности их практического применения в быстродействующих сверхпроводниковых спиновых вентилях. Статья Ю. Гайдукова с соавторами из Института Макса Планка развивает новые методы исследования таких гибридных наноструктур с применением спин-поляризованной нейтронографии. Статья групп А.Л. Соловьева и Р.В. Вовка из Харькова с соавторами посвящена исследованию влияния допирования празеодимом на псевдощель и флуктуационную проводимость в монокристалле $YPrBaCuO$. Акцент сделан на взаимовлияние сверхпроводимости и магнетизма. Ряд новых экспериментальных результатов интерпретируются усилением влияния собственного магнетизма $PrBCO$ на свойства монокристаллов. С.С. Апостолов и др. теоретически описывают прохождение электромагнитной волны через фотонный кристалл, состоящий из диэлектрических слоев и одного слоя сверхпроводника. Последний играет роль дефекта в фотонном кристалле, и его присутствие может приводить к увеличению прозрачности кристалла. И.В. Козлов и Ю.А. Колесниченко изучили влияние магнитного дефекта на плотность состояний и намагниченность двумерного электронного газа. Авторы продемонстрировали влияние спин-орбитального взаимодействия на осцилляции Фриделя плотности электронных состояний вблизи примеси. М. Москалец в своей работе представил детальный теоретический анализ эмиссии одиночных электронов. Автор учитывает ненулевую температуру и демонстрирует, что при определенной симметрии источника электронов влияние температуры на эмиссию подавляется. В работе В.Е. Шатерника с коллегами обсуждается создание и экспериментальное исследование тонкопленочных гетероструктур, состоящих из сверхпроводящих обкладок сплава молибдена с рением и гибридного полупроводникового туннельного барьера из наноразмерного слоя кремния с нанокластерами вольфрама. Высказано предположение о возможности реализации режима кулоновской блокады, резонансного туннелирования и резонансно-перколяционного механизма транспорта в таких системах. В своей работе Б. Ивлев обсуждает решение уравнений Шредингера и Дирака для описания взаимодействия между ядрами в молекулах, которые могут быть полезны для описания необычных химических связей и подобных мезоскопических систем. Заключает выпуск работа проф. Оуботера из Лаборатории К. Оннеса в Лейдене в соавторстве с юбиляром. В ней авторы показывают, что электромагнитное поле в сверхпроводнике может быть описано, вводя понятие фотонов с ненулевой массой.

Редакторы и авторы этого выпуска ФНТ поздравляют Александра Николаевича с юбилеем и желают ему здоровья и дальнейших творческих успехов!

С.Н. Шевченко

О.И. Юзефович